

В результате за счет введения в технологическую схему очистки сточных вод нового дополнительно оборудования – метантенка для сбраживания осадка (рис. 2), потребление природного газа на собственной котельной может снизиться на 681 тыс. м<sup>3</sup>, энергоемкость процесса очистки сточных вод объемом 4523,17 тыс. м<sup>3</sup> составит 0,16 т у.т./тыс. руб., стоимость очищенных сточных вод – 66626,29 тыс. руб., доля платы за энергоресурсы в стоимости очищенных сточных вод – 0,75 (при тарифах 2014 года на электроэнергию и природный газ).

Рассчитан срок окупаемости покупки, доставки и установки метантенка для утилизации осадка, образующегося при очистке сточных вод, – около 7 месяцев. Относительная эффективность в денежной форме составит 1,76 руб./руб. затрат.

Таким образом, введение дополнительной стадии при очистке сточных вод, а именно утилизации осадка путем анаэробного сбраживания во вновь устанавливаемом оборудовании (метантенке) с образованием биогаза, который можно использовать вместо природного газа на собственных котельных, относится к энергосберегающим мероприятиям, обеспечивающим по общепринятой классификации среднюю эффективность [2].

#### Список литературы

1. Паровые котлы серии ДКВР [Электронный ресурс]. URL: <http://www.generation-eo.ru/> (дата обращения: 04.11.2014).
2. Энергосбережение : Методические указания к выполнению раздела «Энергосбережение» в дипломных проектах и работах / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков, В. Ю. Балдин. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2003. 48 с.

УДК 691.54

Лузина Т. Э., Капустин Ф. Л.  
Уральский федеральный университет,  
[smirnova-tanechk@mail.ru](mailto:smirnova-tanechk@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО ЦЕМЕНТА

Разнообразие строительных конструкций, особенности и существенные различия условий их эксплуатации при разных видах агрессивных воздействий требуют создания цементов со специальными техническими свойствами. Сульфоалюминатный цемент (САЦ) – разновидность специальных минеральных вяжущих, основным определяющим свойством минерала которого является сульфоалюминат кальция  $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$  ( $\text{C}_3\text{A}_3\text{CS}$ ). Отличительными особенностями САЦ являются более низкая температура обжига клинкера по сравнению с портландцементным (125–145 °С), высокая гидратационная активность и быстрый набор прочности, отсутствие усадки или расширения в процессе твердения, низкое выделение  $\text{CO}_2$  в атмосферу при обжиге клинкера, что обеспечивает энерго- и ресурсосберегающий, а также экологический эффект.

Однако промышленное производство САЦ с содержанием сульфоалюмината кальция не менее 40 % требует использования дефицитных сырьевых материалов (технического глинозема, бокситов, алюминатных шлаков), что существенно удорожает и, как следствие, ограничивает производство цемента. В России производство САЦ организовано в ограниченном количестве только на ОАО «Подольский цемент», а на строительном рынке реализуется также цемент производства Китая и других стран.

Основными направлениями применения САЦ являются:

- промышленное и гражданское строительство в зимний период;
- ремонт бетонных конструкций и сооружений;
- торкретирование;
- строительство гидротехнических объектов и морских сооружений;
- дорожное и мостовое строительство;
- производство изделий и сборные железобетонные конструкции;
- строительство объектов и сооружений с высокими температурами эксплуатации;
- использование в качестве расширяющей и ускоряющей твердение добавки.

Целью данной работы было исследование физико-механических свойств САЦ разных классов прочности производства Китая.

Исследовали САЦ пяти классов прочности: CSA 42,5, CSA 52,5, CSA 72,5, CSA 82,5 и CSA 92,5, а также новую разновидность цемента CSA. САЦ являются быстротвердеющими цементами, и поэтому их класс прочности определяется по пределу прочности при сжатии образцов, приготовленных из раствора, через 3 сут. водного твердения. Установлено, что все САЦ имеют светло-желтый цвет и характеризуются разными физико-механическими свойствами.

В работе были изучены дисперсность, водопотребность, сроки схватывания, тепловыделение при твердении, предел прочности при сжатии цементного камня. В табл. 1 представлены некоторые свойства САЦ, определенные в лаборатории ЗАО «Невьянский цементник», которые подтверждают соответствие заявленных производителем классов прочности фактической их активности.

Испытания проб САЦ в лаборатории кафедры материаловедения в строительстве проводили не более чем через 2 месяца после их изготовления на цементном заводе. Для сравнения были определены также свойства тампонажного портландцемента повышенной сульфатостойкости ПЦТ 1-G-СС-1.

Таблица 1

Характеристики сульфоалюминатных цемента CSA

Поз.	Свойства		Класс прочности цемента			
			42,5	72,5	82,5	92,5
1	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг		≥350	≥350	400	≥350
2	Предел прочности на сжатие, МПа	1 сут.	44,6	65,6	55,0	73,4
		3 сут.	55,3	82,3	82,5	100,8
3	Предел прочности на изгиб, МПа	1 сут.	7,1	8,1	8,0	8,5
		3 сут.	8,2	9,2	8,5	9,7

Установлено, что все пробы САЦ характеризуются высокой дисперсностью по сравнению с ПЦТ. Их удельная поверхность изменяется от 495 до 571 м<sup>2</sup>/кг и увеличивается с повышением класса прочности (табл. 2). САЦ характеризуются высокой водопотребностью, которая зависит не только от дисперсности, но и состава цемента. Сроки схватывания цементов значительно различаются. Цементы CSA 42,5 и новый CSA являются быстросхватывающимися, а CSA 82,5 и CSA 92,5 имеют длительные сроки схватывания, близкие к значениям ПЦТ.

Таблица 2

Результаты испытаний сульфоалюминатных цементов

	Предел прочности при сжатии, МПа, через сут. водного отверждения			Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания, мин		Максимальная температура тепловыделения цементного камня, °С	Время тепловыделения, мин
	1	3	28			начало	конец		
CSA	58,2	60,4	79,0	507	31,0	9	11	82,5	29
CSA 42,5	40,3	44,9	47,4	495	35,4	15	23	81,0	73
CSA 52,5	37,9	58,1	64,7	544	32,3	30	50	79,0	81
CSA 72,5	25,5	44,6	64,5	540	42,2	33	121	75,0	595
CSA 82,5	28,9	59,0	103,2	524	35,4	120	≥ 270	29,7	503
CSA 92,5	39,6	60,8	83,5	571	35,4	120	≥ 300	61,0	1180
ПЦТ 1-G-CC-1	–	61,2	108,0	–	28,3	170	195	Не опред.	Не опред.

Известно, что при гидратации алюминатных цементов выделяется тепло, количество которого зависит от минералогического состава клинкера. Повышение температуры тем значительнее, чем крупнее бетонное изделие. Увеличение разогрева цементного камня может вызвать напряжения, ведущие к нарушению целостности его структуры. САЦ разных классов прочности имеют разную кинетику и величину тепловыделения. Так, с увеличением класса прочности цемента продолжительность тепловыделения повышается до 20 ч, но температура разогрева сульфоалюминатного камня изменяется от 29,7 до 82,5 °С. Наименьшим тепловыделением характеризуется CSA 82,5, наибольшим – новый CSA.

Изучена кинетика набора прочности цементного камня из САЦ. Установлено, что в зависимости от класса прочности они имеют разную скорость твердения. CSA 82,5, как и ПЦТ, характеризуются наименьшей скоростью твердения (предел прочности при сжатии через 3 сут. по отношению к 28 сут. составляет около 57 %). Наиболее быстротвердеющими являются CSA класса 52,5 и 62,5 (94,7 и 89,8 % соответственно). Наибольшую прочность через 3 сут. имеют

CSA 82,5 и 92,5, а также новый CSA, через 28 сут. – CSA 82,5, что согласуется с их классом прочности.

Для обоснования установленных закономерностей в дальнейшем планируется изучить фазовый состав САЦ разных классов прочности.

УДК 691.42

Ляпунова А. В., Макарова Е. С., Павлова И. А.  
Уральский федеральный университет,  
htko@yandex.ru

## **ОБЪЕМНО ОКРАШЕННЫЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ ЛИЦЕВОЙ КИРПИЧ**

Актуальной задачей современного производства строительных материалов является получение материалов, совмещающих конструкционные и декоративные функции, что позволит сократить расходы на облицовку стен зданий. В данной исследовательской работе определяется возможность получения объемно окрашенного лицевого кирпича с применением минеральных красителей на основе легкоплавких глин.

В качестве основного компонента использовали тюменскую глину со следующими характеристиками:

– представленная проба глинистого сырья является глиной монтмориллонового минерального состава, среднепластичная, с низким содержанием крупнозернистых включений и относится к низкодисперсному сырью;

– проба глины имеет в своем составе низкое содержание водорастворимых солей, низкое содержание карбонатных включений, низкое содержание (менее 1 %) крупнозернистых включений, тем более, что эти крупнозернистые включения представлены частицами размером 0,5–1 мм. Это позволяет сказать, что данная проба глины может использоваться в технологии лицевого кирпича;

– глина средне сохнущая, среднечувствительная к сушке, неспекающаяся, после обжига обладает высокой механической прочностью. Она обеспечивает получение морозостойкого (коэффициент морозостойкости бурой глины равен 0,81; это не более 0,85) лицевого кирпича с прочностью более 150 кгс/см<sup>2</sup> (марки 150 и выше) при пластическом способе формования.

По полученным данным можно сделать вывод, что на основе тюменской глины можно изготовить строительный керамический лицевой кирпич от марки М100 до М200. При введении красителей в состав массы можно получить объемно окрашенные изделия светлых и темных цветов. На настоящий момент изготовлены образцы с применением минеральных красителей. После обжига изделий будут определены свойства образцов и определена цветовая гамма возможных для реализации изделий.